



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 35 46 839 C 2**

⑯ Int. Cl. 6:
F 02 C 7/28
F 02 C 7/18
F 01 D 25/14

DE 35 46 839 C 2

⑯ Aktenzeichen: P 35 46 839.4-13
⑯ Anmeldestag: 19. 11. 85
⑯ Offenlegungstag: 21. 5. 87
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 5. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,
80995 München, DE

⑯ Teil aus: P 35 40 943.6

⑯ Erfinder:

Burkhardt, Claus, 82279 Eching, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 26 54 300
US 30 29 064

⑯ Gasturbinenstrahltriebwerk in Mehrwellen-Zweistrombauweise

⑯ Bei dem Triebwerk soll Kühlluft unter Ausnutzung des statischen Druckes in der Sekundärströmung aus dem Sekundärkanal entnommen werden, in den ein Frontverdichter oder -gebläse fördert; die entnommene Kühlluft soll einem Ringraum als örtlich gegen die jeweiligen Leitschaufelhaken an einer Turbinengehäusewand gerichtete Prallkühlluft zugeführt werden, wobei der Ringraum zwischen Turbinengehäusewand und Innenwand des Sekundärkanals liegt; um harte Schaufelanstreifung oder -brüche zu Beginn einer Beschleunigungsphase des Triebwerks zu verhindern, soll der Ringraum, stromauf den Entnahmeflanschen für die Kühlluft, über mindestens ein lastabhängig steuerbares Ventil mit aus dem Sekundärkanal entnommener Luft beaufschlagbar sein, die die Ausbildung der Prallluft verhindert.

DE 35 46 839 C 2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Gasturbinenstrahltriebwerk nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Triebwerk ist aus der DE-OS 26 54 300 bekannt. Im bekannten Fall soll Kühlluft hinter dem Frontgebläse (Fan) vom Sekundärluftstrom abgezapft, über Rohrleitungen zur Hoch- und/oder Niederdruckturbine geführt und dabei über ein aufwendiges System von Verteilerleitungen zu Blasleitungen geführt werden, aus denen über Kühlluftöffnungen das betreffende Turbinengehäuse im Sinne einer Aufprallkühlung angeblasen werden kann.

Die Nachteile dieses bekannten Konzepts sind:

- hohe Fertigungskosten,
- zusätzliches Gewicht,
- teure Montage durch komplizierten Aufbau,
- bei notwendigerweise kleiner Dimensionierung der Blasleitungen (Gewicht) schlechte Umfangsverteilung der Kühlluft (Druck- bzw. Abzweigverluste von Loch zu Loch in einer Blasleitung),
- erhöhte Fehlerausfallmöglichkeit (gebrochene Rohrleitung),
- geringes Potential zur nachträglichen Erhöhung des Wärmeübergangs, da ein ursprünglich gewählter Rohrquerschnitt eine Erhöhung der Kühlluftmenge nur unter Inkaufnahme einer schlechten Umfangsverteilung zuläßt.

Aus der US-PS 3,029,064 ist es für sich bekannt, klappenartige Ventile vorzusehen, um — als Funktion der erreichten äußeren Gehäusetemperatur — Zufuhr und Durchsatz von Kühlluft zu bzw. innerhalb mindestens einer, den Turbinenrotor doppelschalig umgebenden Gehäusekammer zu steuern.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Gasturbinenstrahltriebwerk nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, bei dem die Turbinengehäusekühlluft störanfälligkeitfrei sowie unter extrem geringen aerodynamischen Verlusten aus dem vom Gebläse geförderten Sekundärluftstrom entnommen und hocheffizient gegen betreffende Turbinengehäuse so ausgeblasen werden kann, daß über den gesamten Betriebszustand minimale und konstante Schaufel spitzen-spiele vorliegen und auch extreme Triebwerkslastzustände ohne mechanische Veränderung der Aufprallkühlleinrichtung auf eine einfache Weise störungsfrei (Schaufelanstreifvorgänge) beherrschbar sind.

Die gestellte Aufgabe ist mit den Merkmalen des Kennzeichnungsteils des Patentanspruchs 1 erfundungsgemäß gelöst.

Mit der angegebenen Lösung können die zur bekannten Triebwerkskonzeption nach der DE-OS 26 54 300 erwähnten Nachteile auf vergleichsweise einfache Weise beseitigt werden. Im Rahmen der Erfundung kann also zur hocheffizienten Kühlung beispielsweise des Gehäuses der Niederdruckturbine die notwendigerweise ohnehin vorhandene Innenwand des Sekundärkanals hinsichtlich ihres axialen Verlaufs weitgehend der Außenkontur des Gehäuses der Niederdruckturbine angepaßt werden, und zwar in einer senkrechten Entfernung vom Turbinengehäuse, die weitgehend im Bereich des Optimums bezüglich des Wärmeübergangs bei einer Aufprallkühlung liegt. Die Fertigung dürfte keine Schwierigkeiten bereiten, wenn der Sekundärkanal zweischalig ausgeführt wird, um bei der Wartung einen schnellen Zugang zum Triebwerk zu ermöglichen. Auf

jeweils der axialen Höhe des Gehäusebereiches, der bevorzugt gekühlt werden soll, können also Reihen von Kühlluftöffnungen entlang des Umfangs angebracht werden. Somit kann das Niederdruckturbinengehäuse an jeder Stelle je nach Anzahl bzw. Querschnitt der Öffnungen mit mehr oder weniger Kühlluft rotations-symmetrisch bzw. unsymmetrisch, wenn gewünscht, be-spült werden. Dabei ist der Lieferdruck an den Kühlluftöffnungen, obwohl es sich um den statischen Druck der aus der Sekundärluftströmung entnommenen Kühlluft handelt, in Niveau vergleichsweise hoch angesiedelt, da die als Ursache von Zuführ-, Verteiler- und Blasleitungen auftretenden Druckverluste vermieden werden können.

15 Merkmal weitgehend jeder sogenannten "aktiven Radialspaltkontrolle" ist es, daß mindestens zwei Kühlluftmengen zur Verfügung stehen (soweit mit Luft gearbeitet wird), nämlich eine kleine Menge bzw. die Menge Null und eine Menge, für die das System ausgelegt wurde. Je nach Bauweise, meist jedoch für einen kurzen Zeitraum während der Beschleunigung bzw. der Wiederbeschleunigung eines Triebwerks, darf die Prallkühlung nicht wirksam sein, um ein unerwünschtes Einlaufen der Rotorschaufeln in die Einlaufbeläge zu verhindern. Hierzu wird die Kühlmenge kurzzeitig durch ein Ventil abgeschaltet bzw. reduziert. Um den Aufwand nicht zu hoch zu treiben, begnügt man sich häufig mit den Schaltstellungen "An" und "Aus". Für genannten Anwendungsfall ist eine demgemäße Ventilsteuerung als

30 Funktion des Triebwerkszustands im übrigen auch schon aus der zuvor genannten DE-OS 26 54 300 bekannt, wobei das Ventil in einer Abzweigleitung — zwischen der Entnahmestelle (Sekundärkanal) und einem Rohrverteiler zu den Ausblasleitungen angeordnet ist.

35 Durch die Erfundung kann auf äußerst einfache und wirksame Art und Weise die beim Beschleunigen oder Wiederbeschleunigen des Triebwerks kurzzeitig auftretende Gefahr allzu harter Schaufelanstreifvorgänge gebannt werden, indem die hoch-effektive Aufprall-Kühl-einrichtung — ohne funktionsmechanische Verände-rung — nach verhältnismäßig kurzer zeitlicher Unter-brechung (z. B. ca. 30—50 sec.) bei Triebwerksbeschleu-nigung (Start-Steigflugphase) oder Wiederbeschleuni-gung des Triebwerks, sofort wieder im Rahmen seiner "normalen" Auslegung arbeiten kann.

40 Mithin kann also zu der Zeit, während der die Auf-prallkühlung unwirksam sein soll, Luft über mindestens ein stromauf der Luftentnahmöffnungen geöffnetes Ventil in den Ringraum, in dem die Aufprallkühlung wirkt, geleitet werden, um einen relativen Druckaus-gleich im Ringraum zu schaffen und somit einen Luft-durchsatz durch die Kühlöffnungen weitgehend zu ver-hindern.

45 Die Erfundung geht hierbei von der allgemein bekanntesten technischen Überlegung aus, daß bei einer Beschleu-nigung des Triebwerks das Ansprechverhalten der Lauf-schaufeln, hier beispielsweise der Niederdrucktur-bine, sehr schnell (schnelle Ausdehnung) erfolgt, wäh-rend das zugehörige Turbinengehäuse aufgrund der größeren Masse erst verzögert nachkommt, bzw. be-züglich der thermischen Dehnung zeitlich "hinterher-hinkt". Als Folge davon verringern sich die betreffenden Turbinenlaufschaufelpalte sehr stark bis zu einem Ein-laufen im Dichtungsbeflag; wäre nun die Aufprallkühlung schon am Anfang der Beschleunigungsphase des Triebwerks voll wirksam, so würde die Dehnung des Turbinengehäuses noch weiter verzögert, so daß es zu einem verstärkten Dichtungseinlauf käme, der im ge-

ringsten Fall zu einem verhältnismäßig starken Verschleiß der Laufschaufel spitzen bzw. der Laufschaufel spitzen dichtungen auf der einen Seite, wie aber auch der betreffenden Einlaufbeläge am Turbinengehäuse auf der anderen Seite führt. Im Wege der nach Patentanspruch 1 angegebenen Ventilfunktion und -anordnung bzw. im Wege der Schaltzykluskombination beider Ventile im Rahmen des Anspruchs 2 kann also ein normalerweise am Anfang einer Triebwerksbeschleunigungsphase im Rahmen eines triebwerksspezifischen zeitlichen Sekundenbereiches zu erwartender harter Dichtungseinlaufvorgang, z. B. in der Start-Steigflugphase, verhindert werden. Im Wege der gemäß Anspruch 2 zusätzlichen Absperrbarkeit des Ringraums, stromab gegenüber der Atmosphäre, wird durch zeitlich kurzfristigen, relativen Gegen- und Ruhedruckaufbau im Ringraum der Effekt der Aufprallkühlungsunterbrechung erhöht.

Bezüglich vorteilhafter weiterer Ausgestaltungen wird auf die übrigen Patentansprüche 3 bis 6 hingewiesen.

Anhand der Zeichnungen ist die Erfindung beispielsweise erläutert, es zeigen:

Fig. 1 ein entlang der oberen Hälfte in Längsrichtung gänzlich, entlang der unteren Hälfte teilweise aufgeschnitten und schematisch wiedergegebenes Gasturbinenstrahltriebwerk und

Fig. 2 einen als Längsschnitt sowie schematisch dargestellten Strahltriebwerksabschnitt unter Verdeutlichung der Niederdruckturbinengehäusekühlung bei einer gegenüber Fig. 1 axial verkürzten Sekundärkanal baulänge.

Fig. 1 verkörpert ein für die Anwendung der Erfindung geeignetes Gasturbinenstrahltriebwerk in Zweiwellen-Zweistrombauweise. Dieses Gasturbinenstrahltriebwerk besteht der Reihe nach — von links nach rechts — aus einem Frontgebläse 1, einem Hochdruckverdichter 2, einer Ringbrennkammer 3, einer Hochdruckverdichterantriebsturbine 4, der eine Niederdruckturbine 5 zum Antrieb des Frontgebläses 1 aerothermodynamisch nachgeschaltet ist.

Dabei ist das Frontgebläse 1 mit der Niederdruckturbine 5 über ein gemeinsames inneres Rotorsystem 6 gekoppelt. Beim Hochdruck- oder Gaserzeuger Teil sind der Hochdruckverdichter 2 und die zugehörige Verdichterantriebsturbine 4 über ein gemeinsames Rotorsystem 7 miteinander gekoppelt. Das Rotorsystem 7 ummantelt dabei in koaxialer Bauweise einen Teil des Rotorsystems 6. Der wesentliche Teil der vom Frontgebläse 1 geförderten Luft (Sekundärstrom S) wird zur Vortriebsschuberzeugung in den Sekundärkanal 8 des Triebwerks gefördert, ein übriger Teil S' der vom Frontgebläse 1 geförderten Luftstroms gelangt zum Hochdruckverdichter 2 des Gaserzeugers. Der aus der Niederdruckturbine 5 entweichende Heißgasstrom wird ebenfalls zur Vortriebsschuberzeugung genutzt. Der Sekundärkanal 8 ist koaxial zur Triebwerksachse zwischen einer Außenwand und einer das Grundtriebwerk ummantelnden Innenwand 12 (Fig. 1, Fig. 2) ausgebildet.

Normalerweise müssen bei einem derartigen Triebwerk wesentliche Turbinenkomponenten zwecks Beherrschung der Heißgastemperatur gekühlt werden, es wären also beispielsweise die Eintrittsleitschaufeln der Hochdruckturbine 4 kühlt, ferner beispielsweise die Laufschaufeln der Hochdruckturbine 4 wie gegebenenfalls aber auch z. B. die Leitschaufeln der zweiten Stufe der Hochdruckturbine 4. Die für die genannten Kühlungsfälle der Hochdruckturbine 4 zu verwendende

Verdichterluft kann an einer oder mehreren geeigneten Stellen aus dem Hochdruckverdichter 2 entnommen werden.

Im Rahmen der eingangs genannten Anforderungen besteht ferner der Bedarf, die Turbinengehäuse 9 bzw. 10 der Hochdruck- bzw. der Niederdruckturbine 4 bzw. 5 hoch-effizient durch eine sogenannte "Aufprallkühlung" zu kühlen.

Eine im Rahmen der Erfindung ausgebildete und angeordnete Aufprallkühlleinrichtung ist in Fig. 1 und 2 auf die Anwendung am Turbinengehäuse 10 der Niederdruckturbine 5 zu verstehen und in Fig. 1 im wesentlichen schematisch durch jeweils auf das Turbinengehäuse 10 auftreffende Kühlluftstrahlen F als Teil einer Aufprallkühlleinrichtung innerhalb eines später noch näher erläuterten Ringraums 32 verdeutlicht. In Fig. 2 ist die Aufprallkühlleinrichtung in einzelnen Details näher verdeutlicht.

Im Gegensatz zu Fig. 1, in der sich der Sekundärkanal 8 über die gesamte Triebwerkslänge erstreckt, besteht die Möglichkeit eines vorteilhaften Einsatzes der angegebenen Aufprallkühlleinrichtung gerade auch dann, wenn sich der Sekundärkanal 8 hinsichtlich seiner axialen Baulänge bis zum Bereich des Turbinengehäuses 10 erstreckt. Gemäß Fig. 2 befindet sich das stromabwärtige Ende des Sekundärkanals 8 etwa unmittelbar am Anfang der hier z. B. in Richtung der Strömung divergenten Turbinengehäusewand 10. Gemäß in Fig. 2 gestrichelt wiedergebener Kontur kann der Sekundärkanal 8 mit seinem stromabwärtigen Ende axial zum Teil über die Turbinengehäusewand 10 hinweggeführt sein.

Es wird die Aufprallkühlleinrichtung in dem Ringraum 32 zwischen einer radial innen liegenden, das Turbinengehäuse 10 einschließenden Wand W (Fig. 2) und Verteilerkammern 33, die den Ringraum 32 außen abschirmen, ausgebildet. Dabei liegen die Verteilerkammern 33 innerhalb der Innenwand 12 des Sekundärkanals 8. Die Verteilerkammern 33 sind über Luftentnahmöffnungen 34 in der Innenwand 12 an den Sekundärkanal 8 angeschlossen. Mit den Luftentnahmöffnungen 34 wird für die Aufprallkühlleinrichtung Kühlluft aus dem Sekundärstrom S (Fig. 1) unter statischem Druck an der Innenwand 12 des Sekundärkanals 8 entnommen. Über Kühlöffnungen 11 (Fig. 2) für die Aufprallkühlleinrichtung stehen die Verteilerkammern 33 mit dem Ringraum 32 in Verbindung. Die Kühlöffnungen 11 bilden Kühlluftstrahlen F (Fig. 1, Fig. 2) aus, die in nicht weiter dargestellter Weise gegen die Leitschaufelhaken des Turbinengehäuses 10 gerichtet sind.

Gemäß Fig. 1 kann der Ringraum 32 am stromabwärtigen Ende über gerade, den Sekundärkanal 8 durchdringende Stützschaufln 38 mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, um die verbrauchte Kühlluft abzublasen. Um in Verbindung mit dieser Stützschauflanordnung die Aufprallkühlung weitgehend nicht zur Entfaltung zu bringen — zeitlicher Sekundärbereich für Triebwerksbeschleunigungsphasen, Verhinderung schädlicher Schaufelanstreifbedingungen am Gehäuse bzw. an Einlaufbelägen — ist der Ringraum 32 über mindestens ein lastabhängig steuerbares Ventil 39 (Fig. 1, Fig. 2) mit aus dem Sekundärkanal 8 entnommener Luft St (Fig. 2) zur zeitlichen Unterbrechung der Aufprallkühlung beaufschlagbar. Das Ventil 39 befindet sich stromauf der Luftentnahmöffnungen 34 an der Innenwand 12 des Sekundärkanals 8.

für noch effektivere zeitliche Unterbrechung der Aufprallkühlung kann speziell in Verbindung mit der An-

ordnung nach Fig. 2 — gegenüber Fig. 1 axial verkürzte Baulänge des Sekundärkanals 8, keine Stützschaufeln 38 sinnvoll und möglich — am stromabwärtigen Ende des Ringraums 32 mindestens ein weiteres Ventil 50 angeordnet sein, mit dem der Ringraum 32 bei geöffnetem, stromauf der Luftentnahmöffnungen 34 angeordnetem Ventil 39 zusätzlich absperrbar ist. FACC symbolisiert die bei in Betrieb befindlicher Ausprallkühlung aus dem Ringraum 32 stromab in die äußere Umgebung abströmende verbrauchte Kühlluft in geöffneter Stellung des 10 Ventils 50.

Sämtliche Ventile 39, 50 können als Funktion des Triebwerkszustands steuerbar sein. Ferner können sämtliche Ventile 39, 50 in an sich bekannter Weise als Klappenventile ausgebildet sein, mit den Ventilkappen 15 52 bzw. 51 gemäß Fig. 2.

Es besteht die Möglichkeit, die Kühlluftöffnungen 11 der Aufprallkühlleinrichtung nach Bedarf gleichförmig oder ungleichförmig verteilt im Hinblick auf die betreffende Gestaltung des Turbinengehäuses und die betrieblich zu erwartenden thermischen Dehnungskriterien anzuordnen.

In Fig. 2 sind — von links nach rechts — aufeinanderfolgende Leitschaufeln mit 14, 15 und 16, betreffende Laufschaufeln der Niederdruckturbine mit 17, 18 und 19 25 bezeichnet. Die Ausbildung der Kühlluftstrahlen F über die Kühlluftöffnungen 11 fällt örtlich mit der Anordnung der nicht weiter dargestellten Gehäusehaken für die Aufhängung der Leitschaufeln 14, 15, 16 usw. am Turbinengehäuse 10 zusammen.

5

30

Ventil (39) mit aus dem Sekundärkanal (8) entnommener Luft (St) zur zeitlichen Unterbrechung der Aufprallkühlung beaufschlagbar ist.

2. Triebwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am stromabwärtigen Ende des Ringraums (32) mindestens ein weiteres Ventil (50) angeordnet ist, mit dem der Ringraum (32) bei geöffnetem, stromauf der Luftentnahmöffnungen (34) angeordneten Ventil (39) zusätzlich absperrbar ist.
3. Triebwerk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Ventile (39, 50) als Funktion des Triebwerkszustands steuerbar sind.
4. Triebwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Sekundärkanal (8) hinsichtlich seiner axialen Baulänge zumindest bis zum Bereich des Turbinengehäuses (10) erstreckt.
5. Triebwerk nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftentnahmöffnungen (34) in der Innenwand (12) des Sekundärkanals (8), stromauf des stromabwärtigen Endes des Sekundärkanals (8) angeordnet sind.
6. Triebwerk nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Ventile (39, 50) in an sich bekannter Weise als Klappenventile ausgebildet sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Gasturbinenstrahltriebwerk in Mehrwellen-Zweistrombauweise, bei dem ein Frontverdichter oder -gebläse (1) Luft in einen Sekundärkanal (8) fördert, der koaxial zur Triebwerksachse zwischen einer Außenwand und einer das Grundtriebwerk ummantelnden Innenwand (12) ausgebildet ist, mit einer als Funktion des Triebwerkszustandes gesteuerten Turbinengehäusekühlung, für die Kühl- 35 luft aus dem Sekundärstrom unter statischen Druck an der Innenwand (12) des Sekundärkanals (8) entnommen und unter Ausbildung einer Aufprallkühl- einrichtung örtlich über dem Umfang gezielt ver- 40 teilt gegen ein Turbinengehäuse (10) des Grund- triebwerks ausgeblasen wird, dadurch gekenn- 45 zeichnet, daß

- die Aufprallkühlleinrichtung (F) in einem Ringraum (32) zwischen einer radial innen liegenden, das Turbinengehäuse (10) einschließenden Wand (W) und den Ringraum (32) außen abschirmenden Verteilerkammern (33), die innerhalb der Innenwand (12) des Sekundärkanals (8) liegen, ausgebildet ist, 50
- die Verteilerkammern (33) über Luftentnahmöffnungen (34) in der Innenwand (12) an den Sekundärkanal (8) angeschlossen sind und über Kühlluftöffnungen (11) für die Aufprallkühlleinrichtung mit dem Ringraum (32) in Verbindung stehen, 55
- die Kühlluftöffnungen (11) gegen die Leitschaufelhaken des Turbinengehäuses (10) gerichtete Kühlluftstrahlen (F) ausbilden, 60
- der Ringraum (32) stromab des Turbinengehäuses (10) mit der Atmosphäre verbindbar ist und stromauf der Luftentnahmöffnungen (34) über mindestens ein lastabhängig steuerbares 65

FIG. 1

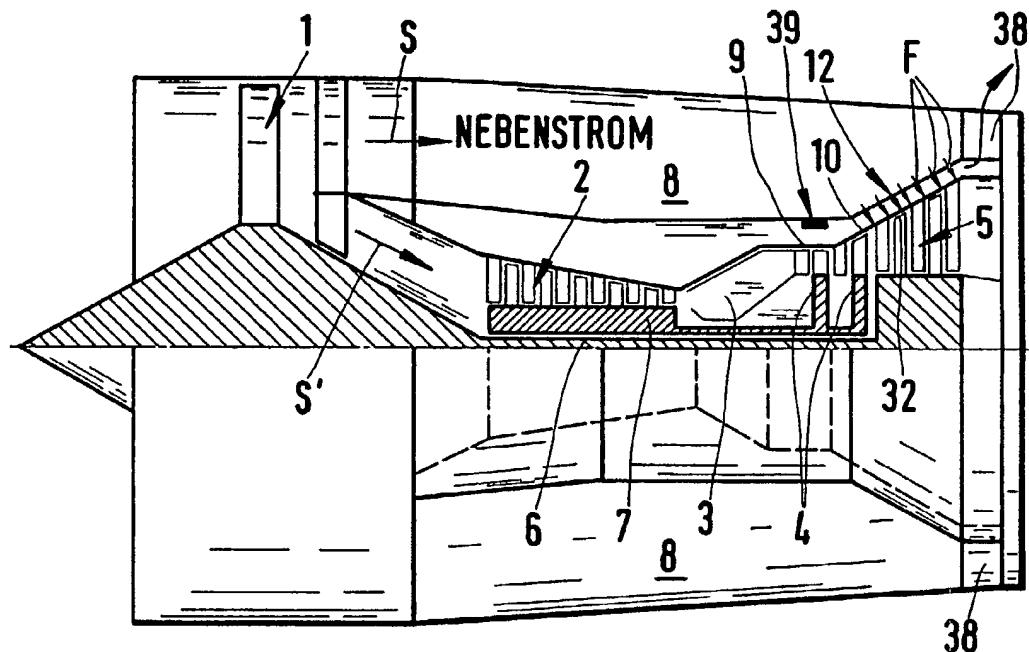
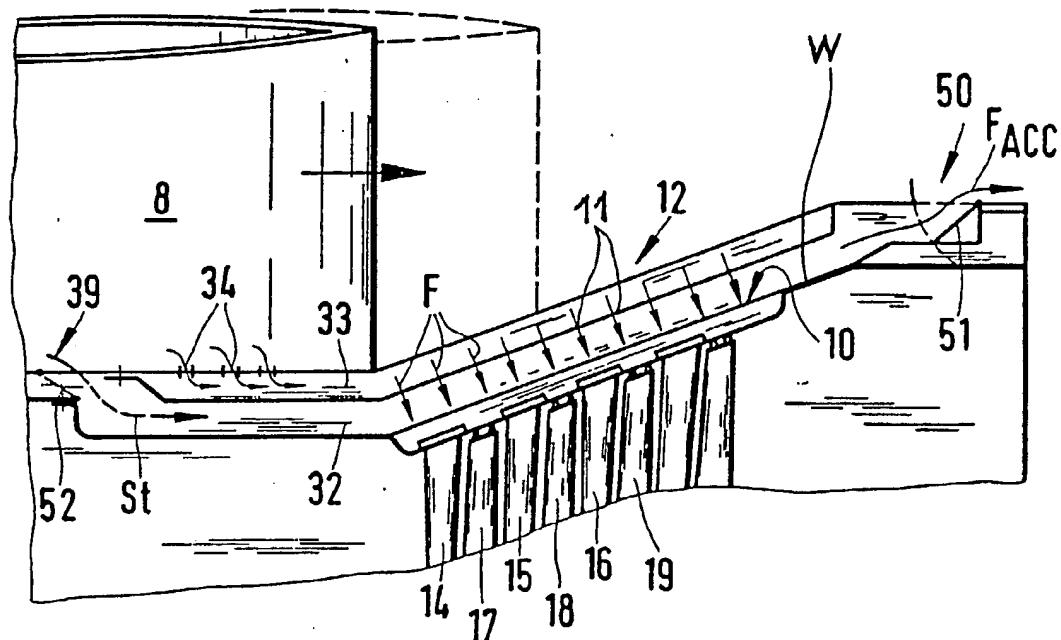


FIG. 2



PUB-NO: DE003546839A1
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3546839 A1
TITLE: TITLE DATA NOT AVAILABLE
PUBN-DATE: September 26, 1991
ASSIGNEE- INFORMATION:

APPL-NO: DE03546839
APPL-DATE: November 19, 1985

PRIORITY-DATA: DE03546839A (November 19, 1985)

INT-CL (IPC): F02C007/28

ABSTRACT:

The bypass turbo-jet engine with split compressor (1,2) comprises a front fan (1) delivering (part S of its) compressed air via a coaxial annular duct (8) with outer and inner (12) wall whereby air tapped (F) from that duct is used for cooling portions of the turbine assembly (e.g. 10 of 5) and to optimise blade tip clearance. The duct (8) extends over the full length of the engine whilst the said cooling air is tapped in the immediate vicinity of the turbine housing structure (10) via openings in the inner duct wall (12) which preferably connect to an annular chamber (32) around the turbine (5) wall (10).